

jours l'examen du liquide, on constate que le quatrième ou le cinquième jour, parfois plus tard, l'inversion du sucre, qui ne s'était pas produite jusque-là, se manifeste brusquement, et la quantité de sucre interverti va en augmentant à partir de ce moment jusqu'au moment où le saccharose finit par disparaître complètement (1). Si en même temps on a suivi avec soin l'état du développement de la plante, on constate que le moment où l'inversion du sucre apparaît coïncide précisément avec celui où les premières conidies se montrent dans les liquides.

Ainsi la fructification du *Fusoma* correspond à un changement physiologique dans la vie de l'organisme, changement qui se manifeste par une propriété nouvelle acquise par la plante. Si la sécrétion de l'invertine correspond bien réellement au changement morphologique, il sera facile de la retarder en retardant l'apparition des conidies. C'est ce qui arrive en effet. On peut démontrer, tout aussi aisément, que l'apparition de la diastase ne dépend pas de la quantité de cellules végétatives formées (2), et l'invertine n'existe qu'à partir du moment où les filaments végétatifs sont devenus nettement conidifères. On trouve d'ailleurs des résultats analogues avec l'amidon.

La Betterave et la Canne à sucre présentent des faits que l'on peut rapprocher jusqu'à un certain point de celui que nous venons d'indiquer, ces plantes ne produisant de l'invertine qu'à un moment donné de leur développement, pour consommer les réserves de saccharose qu'elles avaient accumulées antérieurement. Mais c'est, je crois, la première fois que l'on signale chez les Champignons l'apparition d'une faculté nouvelle au moment de leur fructification.

M. Gomont fait à la Société la communication suivante :

RECHERCHES SUR LES ENVELOPPES CELLULAIRES DES NOSTOCACÉES
FILAMENTEUSES, par **M. Maurice GOMONT**.

En parcourant les ouvrages qui traitent des Nostocacées filamenteuses, sans même en excepter les plus récents et les mieux au courant de la science, on est frappé du peu de renseignements qu'ils donnent sur l'enveloppe immédiate du protoplasma. Il semblerait même, au silence gardé

(1) A partir du moment où le saccharose est interverti, apparaît la mise en train d'une fermentation alcoolique très nette. Mais la quantité d'alcool ne sépare guère 1,5 pour 100. Dans les liquides sucrés avec du glucose, cette fermentation alcoolique se produit également, c'est à ce moment aussi qu'apparaissent les cellules sphériques des cellules ferments dont nous avons parlé plus haut.

(2) Voyez pour plus de détails sur ces expériences l'article déjà cité sur la production de l'insertion chez quelques Champignons (*Annales de l'Institut Pasteur*).

sur ce point par la plupart des auteurs, qu'ils aient méconnu l'existence de cette enveloppe. Par contre, les gaines dont s'entoure le trichome dans ce groupe de plantes ont été, au point de vue morphologique, l'objet de descriptions étendues et détaillées, en raison des ressources qu'elles offrent, par leur variété, pour l'établissement des coupes systématiques. Quant à l'étude microchimique, elle a été presque entièrement laissée de côté pour l'un comme pour l'autre de ces organes et, en particulier, on n'a jamais fait ressortir les différences qui existent sous ce rapport entre la gaine et l'enveloppe propre de la cellule. J'ai donné, dans le Journal de botanique de M. Morot (1), un résumé des recherches que j'ai entreprises sur ce sujet; je me propose de les exposer ici dans toute leur étendue.

De toutes les plantes dont se compose le groupe des Nostocacées, les Oscillaires sont les premières qui ont attiré l'attention des observateurs à cause des singuliers mouvements qu'elles présentent, et dont l'origine, malgré un certain nombre d'hypothèses plus ou moins vraisemblables, est encore en réalité inconnue. A vrai dire, elles ont été étudiées au point de vue de ces mouvements, bien plus que sous le rapport anatomique.

Vaucher, le créateur du genre, leur avait cependant reconnu une membrane très mince servant d'enveloppe immédiate au contenu cellulaire (2). Il a vu les gaines communes qui réunissent les trichomes du *Microcoleus terrestris* (*Oscillaria vaginata* Vauch.) (3); mais là se bornent les données qu'il fournit sur cette matière. Pour les Nostocs, dont il s'est également occupé, la question est absolument laissée de côté.

Meneghini (4) donne sur ce sujet des renseignements plus étendus et plus précis. D'après cet auteur, les filaments des Oscillaires consistent en un tube continu, transparent et incolore, dont l'intérieur est partagé par des anneaux ou cloisons (*armille*) en un certain nombre de loges, dont chacune renferme une rondelle de matière vivante. Suivant les espèces, tantôt l'intervalle entre deux cloisons consécutives est plus long que le diamètre du filament, tantôt il est plus court.

L'ordre chronologique nous amène ensuite à parler de M. Kützing (5). Cet auteur range les cellules des Nostocacées filamenteuses (*Glæosiphææ* Kütz.) dans la catégorie des cellules auxquelles il donne le nom d'*Amylidzellen* et dont la paroi, d'après sa définition même, correspond à l'utricule primordiale de Mohl ou, si on l'aime mieux, à la couche protoplasmique pariétale des auteurs modernes. Toutefois M. Kützing

(1) *Journal de Botanique*, 2^e année, n^o 3, 1^{er} février 1888, p. 43.

(2) Vaucher, *Hist. des Conferves d'eau douce* (1803), p. 177, pl. XV, fig. 3.

(3) Vaucher, *loc. cit.*, p. 200, pl. XV, fig. 13.

(4) Meneghini, *Cenni sulla Organografia et Fisiologia delle Alghe*, 1838, p. 8.

(5) Kützing, *Phycologia generalis*, 1843, p. 48 et 180.

semble en contradiction avec ce qui précède, quand il attribue (1) aux Oscillaires une membrane très mince, facile à voir, surtout dans les grosses espèces, et qui devient apparente quand le contenu granuleux de la cellule auquel elle sert d'enveloppe a disparu. L'auteur admet donc, au moins dans ce genre, une membrane propre, séparable mécaniquement du protoplasma, et ne répondant nullement à la définition des *Amylidzellen*.

Les gaines, sur lesquelles M. Kützing a fait principalement reposer ses nombreuses coupes génériques, sont étudiées avec beaucoup plus de détail, au moins sous le rapport morphologique, mais les renseignements que l'auteur fournit sur les réactions microchimiques de ces organes sont fort incomplets. Ils font tout à fait défaut pour la membrane propre de la cellule.

Deux années plus tard, Fresenius, dans un travail consacré exclusivement aux Oscillaires (2) et précédé d'une notice bibliographique étendue, distingue, plus nettement qu'on ne l'avait fait jusqu'alors, l'enveloppe propre de la cellule et la gaine qu'il compare à la gelée des Nostocs. Il assimile également cette membrane et, nous semble-t-il, avec moins de raison, à la matière intercellulaire des Phanérogames. Les données anatomiques qu'il nous fournit sont peu nombreuses, mais clairement exposées. Elles ne se sont accrues depuis que d'un bien petit nombre de connaissances positives et représentent à peu de chose près ce qu'on sait encore maintenant sur cette matière.

Nous ne trouvons plus la même précision dans les ouvrages de Rabenhorst, bien qu'ils portent une date beaucoup plus récente. En effet, il résulte des expressions employées par l'auteur (3), soit dans la description des Phycochromacées, soit dans celle du groupe secondaire des Nématogénées, qui répond exactement à celui dont nous nous occupons, que la gaine est à ses yeux l'unique enveloppe de la cellule. A la gaine seule peut en effet s'appliquer cette épithète : *sæpius e stratis successivis compositum*, qui figure dans la diagnose des Nématogénées.

Un mémoire beaucoup plus récent, celui de M. Klebs sur l'organisation des enveloppes gélatineuses chez les Algues (4), est le travail le plus important que la science possède sur les membranes de la cellule dans cette classe de végétaux. Mais, là encore, l'auteur a relégué au second plan l'étude de ces organes chez les Nostocacées, auxquelles il n'a con-

(1) Kützing, *loc. cit.*, p. 181.

(2) Fresenius, *Ueber den Bau und das Leben der Oscillarien* in *Mus. Seneckenberg*, III, 1845, p. 265.

(3) Rabenhorst, *Flora Europæa Algarum*, II, p. 1 et 70.

(4) Klebs, *Ueber die Organisation der Gallerte bei einigen Algen und Flagellaten* in *Untersuch. aus d. bot. Inst. in Tübingen*, II, 1886.

sacré que deux pages. Après quelques mots sur les Chroococcacées (1) chez lesquelles il a reconnu l'existence d'une fine membrane cellulaire distincte des enveloppes gélatineuses, M. Klebs s'occupe des gaines chez le *Sirosiphon ocellatus* et chez diverses espèces des genres *Tolypothrix* et *Oscillaria*. Il remarque que les matières colorantes déposées dans les enveloppes gélatineuses de la plante vivante ne sont pas éliminées par celle-ci comme elles le sont par les gaines des *Zygnema* et de différentes autres Algues à chlorophylle.

En revanche, cette curieuse propriété se rencontre chez un *Sphærozyga* que l'auteur désigne sous le nom de *Sphærozyga mucosa*. La formation des gaines dans les *Oscillaria*, *Tolypothrix*, *Sirosiphon*, n'a pas été étudiée par lui, mais il est disposé à admettre, comme on le fait généralement, qu'elles naissent par gélification de la membrane cellulaire.

Les données les plus nouvelles, et en même temps les plus étendues que nous possédions sur le sujet qui nous occupe, sont contenues dans un Mémoire de M. Borzi sur les communications intercellulaires des Nostochinées (2). L'auteur a été conduit par son sujet même à décrire la forme et les réactions chimiques des membranes dont il étudie les perforations. Il a constaté (3) chez toutes les Nostochinées, excepté dans le genre *Borzia*, la présence d'une gaine gélatineuse (*guaina*), de forme et de consistance variables. La cellule possède en outre une enveloppe spéciale (*parete*), pour laquelle M. Borzi paraît adopter les idées de M. Kützing.

Dans le *Nostoc ellipso sporum* (4), comme dans les Oscillariées (5), on ne peut, dit-il, établir par aucun moyen une distinction quelconque entre les contours de la paroi et le corps protoplasmique. L'un et l'autre adhèrent ensemble en parfaite continuité. A ses yeux, cette membrane doit être considérée comme une partie périphérique du protoplasma dans laquelle la différenciation est à peine ébauchée, bien plutôt que comme une véritable paroi.

Toutefois cette paroi se distinguerait bien nettement par ses réactions de la masse protoplasmique; car, suivant l'auteur, elle se colore en bleu sous l'influence des réactifs iodés.

La gaine varie quant à l'épaisseur et à la consistance; elle existe, dit M. Borzi, même chez les Oscillaires, contrairement à l'opinion reçue d'après laquelle la paroi cellulaire serait, dans ces plantes, en contact

(1) Klebs, *loc. cit.*, p. 391.

(2) Borzi, *Le comunicazioni intracellulari delle Nostochinee*. Estratto dalla *Malpighia*, ann. I, fasc. II-V.

(3) Borzi, *loc. cit.*, p. 4.

(4) Borzi, *loc. cit.*, p. 8.

(5) Borzi, *loc. cit.*, p. 28.

immédiat avec le milieu ambiant. Ce serait elle qui formerait, dans certaines Oscillaires, l'épaississement terminal en forme de coiffe qui constitue au trichome un organe de protection. Aux détails que donne l'auteur sur ces deux sortes de membranes sont jointes des considérations sur la formation des hétérocystes et des spores. Nous reviendrons ultérieurement sur les opinions de l'auteur à cet égard.

Sur plusieurs points, les résultats que j'ai obtenus sont en désaccord avec ceux qui sont exposés dans cet intéressant travail. Au reste, plusieurs passages de ce Mémoire semblent indiquer que l'auteur, loin de considérer la question comme épuisée, a voulu indiquer surtout la direction qui devait être donnée aux recherches.

Nous citerons, pour terminer cette énumération, le récent travail de MM. Bornet et Flahault, intitulé : *Révision des Nostocacées hétérocystées* (1). L'introduction est un résumé aussi complet qu'instructif des connaissances positives qu'on possède sur le groupe étudié par ces auteurs au point de vue de leur emploi dans la classification. Cet ouvrage, qui peut être considéré comme résumant l'état actuel de la question, en dehors de toutes les hypothèses dont elle a été l'objet, fournit une preuve convaincante de ce que nous avons avancé en commençant, c'est-à-dire de l'oubli dans lequel a été laissée l'enveloppe immédiate du protoplasma. En effet, cette phrase que nous relevons presque au début de l'introduction : « A l'état d'activité, le protoplasma est appliqué contre la paroi de la gaine », ne laisse aucun doute sur la pensée de MM. Bornet et Flahault. Pour eux, comme pour Rabenhorst, la gaine est l'unique enveloppe de la cellule, et, comme elle fait défaut chez les hormogonies tant que celles-ci se trouvent dans la période de mouvement, il en résulterait, ainsi que les deux auteurs le donnent à entendre, que le protoplasma serait dans ce cas en contact immédiat avec le milieu, et ne s'entourerait d'une membrane qu'au moment où l'hormogonie arrive à l'état de repos. Il y aurait donc, sous ce rapport, identité entre ces corps reproducteurs et les zoospores, chez les Algues qui en sont pourvues.

Au point de vue morphologique, la gaine est décrite dans cet ouvrage d'une manière si complète et si précise qu'il n'y a place pour aucune addition ; je me bornerai donc à étudier cet organe au point de vue des réactions chimiques, cette question ayant été laissée de côté par MM. Bornet et Flahault, aussi bien pour la gaine que pour les cellules différenciées en hétérocystes et en spores.

Dans le présent travail, j'emploierai le nom de *membrane cellulaire* pour désigner l'enveloppe immédiate du protoplasma, et celui de *gaine*

(1) Bornet et Flahault, *Révision des Nostocacées hétérocystées contenues dans les principaux herbiers de France* (Ann. des sc. nat. 7^e série, Bot., 1886, t. III, p. 323).

s'appliquera à toutes les formations secondaires dont s'entoure le trichome, que leur consistance soit mucilagineuse, gélatineuse ou membraneuse. Après avoir décrit dans la première partie du mémoire les caractères que l'un et l'autre de ces organes présentent uniformément dans toute la série des genres, j'exposerai dans la seconde l'étude des variations qu'ils offrent dans les principales familles du groupe des Nostocacées. Enfin je dirai quelques mots des caractères que m'ont présentés les hétérocystes et les spores au point de vue de la structure et des réactions chimiques.

LA MEMBRANE CELLULAIRE.

La membrane propre de la cellule peut être mise en évidence par différents procédés. Chez les Oscillaires elle se montre souvent à nu, sans le secours d'aucun réactif, soit aux extrémités des filaments rompus, soit dans des cellules dont le contenu a disparu accidentellement. Aussi, dans ce genre, sa présence a-t-elle été reconnue dès l'origine. Elle n'est pas aussi facile à découvrir dans les autres genres, surtout dans ceux où le trichome est entouré d'une gaine épaisse et solide. Dans certains cas, les réactifs qui produisent la plasmolyse détachent partiellement la membrane de son contenu et permettent ainsi de l'apercevoir. On peut encore employer des substances qui décolorent le protoplasma et l'éclaircissent en dissolvant les granulations. La solution de potasse, ainsi que l'a indiqué Fresenius, et surtout l'eau de Javelle plus ou moins concentrée, font voir que la cellule est entourée d'une membrane mince à double contour, mais ne permettent pas d'en étudier les réactions. En effet, ces agents ne font pas disparaître le protoplasma, mais l'amènent simplement à un état de limpidité plus ou moins parfait, qu'il perd de nouveau si on vient à laver la préparation. Il se trouve simplement transformé en une substance de nature colloïdale, qu'on peut mettre en évidence en traitant les filaments par les couleurs d'aniline, ou par la teinture d'iode. On voit alors les cellules demeurées intactes se colorer beaucoup plus vivement que les lambeaux de membrane restés adhérents aux extrémités rompues. Il en résulte que les réactions du tégument se trouvent masquées par celles de son contenu.

J'ai obtenu des résultats beaucoup plus satisfaisants en traitant les filaments par des solutions fortement concentrées d'acide chromique. Deux solutions ont été employées dans mes recherches, l'une à 33 pour 100, l'autre à 50 pour 100. En suivant sous le microscope l'effet du réactif, on voit le protoplasma se dissoudre presque en entier, la paroi restant intacte et conservant sans aucune déformation les contours de la plante vivante. Ce qui reste du protoplasma se rassemble en une goutte d'aspect

huileux et réfringent (1) qui n'occupe qu'un très petit espace dans la cavité de la cellule et souvent même disparaît sans laisser de traces. Finalement il ne reste plus dans la cellule qu'un fluide qui ne diffère en rien, sous le rapport de la limpidité et de la réfringence, du liquide ambiant. Pendant la réaction, ce dernier devient de plus en plus foncé jusqu'à paraître presque noir; il s'y forme de nombreuses bulles de gaz qui glissent lentement vers les bords du couvre-objet comme au milieu d'un fluide visqueux. Au bout de deux heures environ, la réaction est terminée; les filaments sont devenus très transparents et presque invisibles au milieu de la solution d'acide chromique. Si alors on lave avec précaution, de manière à ne pas entraîner les filaments, on trouve ceux-ci réduits à leur enveloppe cellulaire qui forme en quelque sorte le squelette de la plante, et dont il est facile d'étudier les réactions chimiques. On peut également, si l'on dispose de matériaux suffisants, opérer à la fois sur un grand nombre de filaments, dans un tube à essais, ou dans un verre de montre; mais cette manière de procéder donne en général des résultats moins satisfaisants, parce que les filaments privés de leur contenu protoplasmique perdent leur rigidité et s'enchevêtrent d'une manière inextricable.

Le tégument cellulaire obtenu par l'une ou l'autre de ces méthodes se présente sous forme d'une membrane très mince, incolore, à contours d'une netteté remarquable, rappelant la pureté de lignes que présentent les valves d'une Diatomée traitée par un acide. Ces contours sont aussi parfaitement définis sur les faces qui regardent l'intérieur de la cellule que sur la face extérieure. L'épaisseur de la membrane varie fort peu dans un même trichome; elle est également assez uniforme dans les différents genres du groupe. Cependant, en vertu d'une loi d'équilibre, dont on observe dans la nature de fréquents exemples, elle tend à devenir plus mince dans les espèces où la gaine protectrice augmente d'épaisseur. Je n'ai jamais vu cette enveloppe faire défaut dans quelque partie de la plante que ce fût, ni à aucune période de son existence. Elle ne manque pas plus aux hormogonies qu'aux filaments à l'état de repos.

La manière dont la membrane cellulaire se comporte avec les divers agents chimiques varie également très peu dans la série des genres. Je n'ai, à vrai dire, observé quelques différences que dans l'aptitude à fixer les couleurs d'aniline.

(1) Ces gouttelettes, malgré leur apparence huileuse, ne paraissent pas appartenir à la catégorie des corps gras. Elles sont insolubles dans l'alcool et dans l'éther, et ne noircissent pas par l'acide osmique. Elles semblent formées d'une partie externe plus résistante que la partie interne. Celle-ci se dissout dans la potasse, qui laisse subsister la couche externe.

La membrane résiste pendant plus de vingt-quatre heures à l'action d'une solution d'acide chromique à 33 pour 100. Elle disparaît dans une solution à 50 pour 100, mais seulement au bout de quelques heures. Elle est insoluble dans les acides sulfurique, chlorhydrique, azotique et acétique concentrés, ainsi que dans la liqueur cupro-ammoniacale. Par contre elle se dissout dans le mélange d'acide azotique et de chlorate de potasse (macération de Schultze), mais sans donner la réaction de l'acide cérinique. Elle se dissout également dans l'acide azotique concentré et bouillant.

La potasse, même employée à chaud, ne dissout pas la membrane cellulaire si la plante est à l'état naturel ; mais, si elle a été d'abord traitée par l'acide chromique concentré, comme nous l'avons indiqué plus haut, la membrane se dissout immédiatement dans la potasse, même sans l'action de la chaleur.

L'enveloppe immédiate de la cellule ne se colore jamais en bleu, ni dans le chloroiodure de zinc, ni par l'iode et l'acide sulfurique, même si la plante a été traitée préalablement par la potasse bouillante. Elle prend quelquefois une légère teinte jaune par les réactifs iodés, mais le plus souvent elle reste incolore.

Elle fixe avec avidité le bleu de méthylène ; l'effet de la fuchsine est variable. Quelquefois la teinte obtenue est assez vive, mais toujours moindre que pour la cutine des végétaux supérieurs. Le rouge de Congo produit une faible coloration rose.

On voit, par ce qui précède, que le tégument cellulaire des Nostocacées filamenteuses rappelle à beaucoup d'égards, sous le rapport des propriétés chimiques, la membrane des hyphes chez les Champignons. Comme cette dernière, il est très peu soluble dans les acides ; il reste incolore dans les réactifs iodés ou y prend une légère teinte jaune, mais ne se colore jamais en bleu ; il est complètement insoluble dans la liqueur cupro-ammoniacale. Par ces propriétés, il se rapproche également de certains corps de forme particulière que M. Zopf a découverts dans les conidies du *Podosphæra Oxyacanthæ* DC. et de quelques autres Champignons, et auxquels il a donné le nom de *Fibrosinkörper* (1).

Par contre, le tégument des Nostocacées diffère de la membrane des hyphes par une résistance encore plus grande à l'action des acides. En effet, ainsi que nous l'avons vu, il n'est dissous ni par l'acide sulfurique concentré, ni par l'acide chromique à 33 pour 100, tandis que la membrane des hyphes, au moins dans les quelques espèces de Champignons que j'ai étudiées, éprouve dans le premier de ces réactifs une altération

(1) Zopf, *Ueber einen neuen Inhaltkörper in pflanzlichen Zellen* in *Ber. d. deutsch. bot. Gesell.* Jahrgang V, H. 7, p. 275.

sensible au bout de quelques heures, et est entièrement dissoute par le second au bout du même temps (1).

Si maintenant nous prenons comme point de comparaison la cutine des végétaux supérieurs, nous trouvons que sa solubilité dans l'acide chromique est moins grande que celle de la membrane cellulaire dans le groupe que nous étudions, attendu qu'elle résiste à l'action de l'acide chromique à 50 pour 100 (2) ainsi qu'à celle de la potasse, après le traitement par l'acide chromique. En outre, la cutine prend immédiatement une coloration des plus intenses par la fuchsine, ce qui n'a lieu qu'à un degré beaucoup moindre pour l'enveloppe cellulaire des Nostocacées. Cette dernière membrane paraît donc occuper au point de vue chimique une place intermédiaire entre la cutine et la fongine.

La variété de cellulose à laquelle elle appartient se rencontre chez un certain nombre d'Algues d'eau douce. J'ai observé en effet les mêmes propriétés chez diverses Chroococcacées, un *Protococcus*, un *Conferva* et un *Cladophora* non déterminés. En revanche, la membrane cellulaire des *Ædogoniées* bleuit par le chloroiodure de zinc et se dissout dans les acides chromique et sulfurique.

Comme on le voit, ces résultats sont en contradiction avec les opinions des auteurs qui se sont occupés du même sujet. Le protoplasma, même dans les hormogonies, n'est jamais en contact immédiat avec le milieu ambiant ou avec la gaine, quand elle existe. Traitée par des réactifs appropriés, la membrane cellulaire se détache complètement du protoplasma, non seulement chez les Oscillaires, mais encore dans tous les autres genres des Nostocacées. On ne peut la considérer, ainsi que l'a fait M. Borzi, comme une couche extérieure du plasma à peine différenciée, comme une membrane à peine ébauchée, pour employer les expressions de cet auteur. Elle se présente au contraire sous la forme d'une membrane, mince il est vrai, mais aussi nettement délimitée sur sa face interne que sur sa face externe et parfaitement distincte du plasma au point de vue chimique, puisqu'elle n'est aucunement attaquée par les réactifs qui dissolvent immédiatement celui-ci.

Enfin, en ce qui concerne la manière dont l'enveloppe cellulaire se comporte avec les réactifs iodés, mes résultats se trouvent également en désaccord avec ceux de M. Borzi, qui a vu cette membrane prendre avec l'iode et l'acide sulfurique, ou même avec la teinture d'iode seulement,

(1) Les Champignons chez lesquels j'ai étudié la solubilité de la membrane sont les suivants : *Agaricus campestris*, *Collybia velutipes*, *Pleurotus ostreatus*, *Clitocybe cyathiformis*, *Exidia glandulosa*. Par contre, dans une Mucorinée, le *Bispora monilioides*, les filaments et les spores paraissent résister indéfiniment à l'action de l'acide chromique.

(2) Espèces étudiées (épiderme) : *Hedera Helix*, *Arbutus Unedo*, *Aucuba japonica*, etc.

une légère teinte bleue (*azzurognola*). Dans les mêmes circonstances, soit que le protoplasma eût disparu, soit qu'il existât encore à l'intérieur du tégument, j'ai toujours vu ce dernier rester incolore ou même prendre une légère teinte jaune en rapport d'ailleurs avec ses autres propriétés chimiques, son insolubilité par exemple, qui l'éloignent complètement de la cellulose. On peut supposer qu'il y a eu, de la part de ce savant, une erreur d'observation due à la coloration jaune intense que prend le protoplasma en présence de l'iode. On s'explique facilement que, dans ce cas, le tégument incolore paraisse prendre la couleur complémentaire, en vertu de la loi des contrastes.

Les faits que nous avons observés tendent, comme on le voit, à faire rentrer les cellules des Nostocacées dans la loi commune, dont elles avaient paru s'écarter, et montrent qu'elles ne méritent pas la qualification de cellules incomplètes que leur avait donnée M. Borzi (1), en raison, dit-il, de leur membrane à peine différenciée et de l'absence de tout noyau. Sans nous prononcer sur ce dernier point qui a été contesté par différents observateurs, nous constaterons que les cellules des Nostocacées présentent une membrane absolument comparable, comme différenciation, à celle des autres Algues, et s'en distinguant seulement par ce que l'emploi des réactifs est nécessaire pour la mettre en évidence. Ce fait peut être attribué à la nature toute particulière du protoplasma chez ces végétaux, à l'absence de grandes vacuoles et à la coloration du suc cellulaire.

Quant à la confusion qu'on a souvent commise entre le tégument et la gaine, nous allons voir, en étudiant cette dernière, qu'elle est facile à éviter en s'appuyant sur les réactions chimiques très distinctes que présentent ces deux sortes d'organes.

LA GAINE.

Si le tégument, dans la série des formes qui composent le groupe des Nostocacées filamenteuses, offre une grande uniformité au point de vue morphologique et surtout au point de vue chimique, il n'en est pas de même pour l'organe dont nous allons maintenant nous occuper.

Sans entrer dans des détails qu'on peut trouver ailleurs, il suffira de rappeler que cet organe peut, dans un seul et même genre, présenter de notables différences sous le rapport de l'épaisseur, de la coloration, de la structure lamelleuse ou compacte ; que, suivant les familles, il est gélatineux ou membraneux, composé de strates parallèles ou de cornets emboîtés les uns dans les autres. Cette grande diversité dans les formes

(1) Borzi, *loc. cit.*, p. 28 en note.

et les facilités qu'elle présente à l'observation ont valu à la gaine d'être prise dès le principe comme caractère dominant pour l'établissement de la plupart des coupes génériques.

Sans offrir au point de vue chimique une aussi grande variété que dans sa forme, la gaine est loin de présenter sous ce rapport la même uniformité que la membrane cellulaire. Par suite il serait difficile de traiter cette question d'une manière générale, et l'étude en sera mieux placée dans l'examen particulier que nous allons faire des principales familles. Cependant nous pouvons dire dès maintenant que, plus que la membrane, la gaine se rapproche par ses propriétés de la véritable cellulose, que fréquemment elle en offre même à peu près tous les caractères. C'est ainsi que, contrairement à l'enveloppe cellulaire, elle est toujours soluble, au moins en partie, dans les acides chromique et sulfurique suffisamment concentrés et qu'elle se colore souvent en bleu par le chloriodure de zinc. Il est à remarquer cependant que les gaines qui ne présentent pas cette dernière propriété ne l'acquièrent ni par l'ébullition dans les acides étendus ou concentrés ou dans la solution de potasse, ni par un séjour de plusieurs semaines dans ce dernier réactif. On sait que, d'après M. Richter (1), les hyphes des Champignons traités par ce dernier procédé acquièrent la propriété de prendre la couleur bleue par les réactifs iodés. Il ne semble donc pas que l'absence de ce caractère de la cellulose dans les gaines de certaines Nostocacées soit due à la présence de matières incrustantes.

Les modifications que subit la substance des gaines par l'effet de l'air et de la lumière rappellent aussi celles que la cellulose éprouve dans les mêmes circonstances. C'est ainsi que, chez les plantes soumises à cette action pendant une certaine période de leur vie, la gaine offre dans ses couches externes une véritable cutinisation. Si on la traite alors par les acides, elle n'éprouve pas une dissolution complète et les couches qui subsistent jaunissent par l'iode et se colorent d'une manière intense par la fuchsine. Toutefois, malgré ces propriétés qui paraissent rapprocher la substance des gaines de la cellulose des Phanérogames, je ne l'ai jamais vue se dissoudre dans la liqueur cupro-ammoniacale. Or si, comme nous le pensons, cette réaction est, avant toutes les autres, caractéristique de la cellulose, on doit en conclure que l'identité n'est pas complète entre cette dernière substance et celle dont les gaines sont formées.

Le mode de développement des gaines est peu connu chez les Cyanophycées et n'a point été l'objet de travaux approfondis comme pour les

(1) Richter, *Beiträge zur genaueren Kenntniss der chem. Beschaffenheit der Zellmembranen bei den Pilzen*, in *Sitzungsber. d. K. K. Acad. der Wiss. Wien*, Bnd LXXXIII, 1 Abth. 1881, p. 494-510.

Algues vertes. On admet généralement, avec M. Klebs (1), que ces formations résultent de la gélification des couches externes de la membrane cellulaire. Mes recherches n'ont pas jusqu'ici porté sur ce sujet, et je n'ai pu me former une opinion précise à cet égard. Il est à remarquer cependant que les acides concentrés, en dissolvant la gaine, la détachent de la membrane cellulaire avec une netteté parfaite. Il devrait, semble-t-il, en être autrement, si l'hypothèse dont nous venons de parler était juste. Une transition devrait exister entre la gaine soluble et la membrane insoluble, et cette dernière, après l'action du dissolvant, devrait présenter des contours moins nets qu'ils ne le sont en réalité. Il y aurait peut-être lieu de rechercher si, comme le pense M. Bower, le protoplasma ne possède pas, outre ses communications directes de cellule à cellule, la faculté de pénétrer la membrane, de manière à produire des sécrétions externes (2). Rappelons ici que, dans le mémoire que nous avons déjà cité, M. Klebs semble admettre cette théorie pour la couche gélifiée dont s'entourent les Desmidiées (3).

Voyons maintenant comment se comportent dans les différentes tribus des Nostocacées les deux sortes d'enveloppes dont nous venons de parler et de quelle manière elles se modifient.

OSCILLARIÉES.

Membrane cellulaire. — Dans l'étude du trichome des Oscillariées deux points sont à considérer : les cellules ordinaires qui en forment la masse et la cellule terminale qui présente des caractères particuliers négligés jusqu'à ce jour, bien que d'un grand intérêt au point de vue de la distinction des espèces. Si l'on examine, en effet, avec quelque attention l'extrémité du trichome, on reconnaît que, dans la plupart des plantes de cette tribu, la cellule terminale est revêtue d'une membrane épaisse qui lui constitue un organe de protection. Cet organe, que nous désignerons sous le nom de *coiffe*, présente une forme variable suivant les espèces, mais constante pour chacune d'elles. Cette structure de la cellule terminale des Oscillariées, que j'avais reconnue depuis longtemps, a été signalée par M. Borzi (4) dans le mémoire que nous avons cité ; mais cet auteur en a dit seulement quelques mots, et il est nécessaire de l'exposer avec plus de détails avant d'examiner la coiffe au point de vue de ses réactions chimiques.

(1) Klebs, *Ueber die Organisation der Gallerte bei einiger Algen und Flagellaten*, p. 393.

(2) Bower, *Report of the British Association for advancement of sciences. Meeting*, 1883, p. 525.

(3) Klebs, *loc. cit.*, p. 334.

(4) Borzi, *loc. cit.*, p. 27 et pl. III, fig. 10, 11, 12.

La coiffe se présente tantôt sous la forme d'un dôme plus ou moins surbaissé (pl. III, fig. 3), tantôt sous celle d'un cône aigu ou obtus (pl. III, fig. 2 et 7). Elle est facilement reconnaissable, même à un assez faible grossissement, à cause de sa réfringence et de la ligne d'un noir intense qui la limite extérieurement. Une cloison transversale très mince sépare du reste du filament l'espace enveloppé par la coiffe et la cellule terminale ainsi formée cesse de se diviser.

Je n'ai pu jusqu'à présent réussir à cultiver des filaments sur lame de verre pendant un temps assez long pour voir la coiffe se former sous mes yeux et pour en suivre le développement, mais il est facile de trouver pour une même espèce des séries de formes qui permettent de reconnaître comment les choses se passent. J'ai représenté (pl. III, fig. 4, 5, 6, 7 et 8) deux séries d'états successifs pour des espèces différentes.

Comme on le voit par ces figures, lorsqu'un trichome est rompu, soit accidentellement, soit par la mort d'une des cellules intercalaires, la cloison mise en contact avec le milieu s'épaissit presque aussitôt. Il semble y avoir là un phénomène de même ordre que celui qui se passe lorsqu'une portion du tissu d'un végétal quelconque vient à être mise à nu. Souvent cet épaississement est déjà visible alors que la paroi latérale du tégument rompu forme encore un bourrelet circulaire autour de la cloison terminale, et avant que l'extrémité du trichome ait commencé à s'effiler. Les cellules de l'extrémité, en se divisant, diminuent graduellement de diamètre, ce qui oblige la cloison terminale à prendre une courbure de plus en plus prononcée (pl. III, fig. 5, 6). Toutefois, comme elle offre, à cause de son épaississement même, une certaine résistance à la flexion, elle ne se trouve jamais exactement dans le prolongement de la paroi latérale, et il existe toujours, immédiatement au-dessous de la coiffe, un étranglement auquel contribue son épaisseur, beaucoup plus grande que celle de la paroi latérale. Cet étranglement n'existe pas dans les espèces, d'ailleurs assez peu nombreuses, où l'extrémité s'atténue sans épaissir sa cloison terminale.

Dans un certain nombre de cas, la coiffe présente simplement la forme d'une calotte plus ou moins surbaissée (pl. III, fig. 3). D'autres fois la diminution en diamètre de l'extrémité s'accroissant à mesure que celle-ci s'allonge, la calotte épaissie dépasse la courbure d'une demi-sphère, ou se plie au sommet, de manière à prendre la forme d'un cône; celui-ci, d'abord très obtus, devient plus aigu, à mesure que le diamètre de l'extrémité va en diminuant (pl. III, fig. 6 et 7). Cette forme conique combinée avec l'étranglement dont nous avons parlé donne à l'extrémité de l'Oscillaire, vue en coupe optique, l'aspect d'un fer de lance émoussé. La forme de la coiffe en arc de cercle plus ou moins courbé, en triangle plus ou

moins aigu, s'explique donc, sans qu'il soit nécessaire d'invoquer une autre cause que l'atténuation plus ou moins grande de l'extrémité.

Aux yeux de M. Borzi (1), la cellule terminale enveloppée par la coiffe serait un organe de même ordre que les hétérocystes. Ces deux organes ont en effet des parois épaisses, renferment un plasma transparent et sont incapables de se diviser; mais là s'arrête la ressemblance. Je n'ai jamais vu la coiffe se colorer en bleu par les réactifs iodés, comme le fait presque toujours la membrane des hétérocystes. Je dirai même que je n'ai pu découvrir, entre la coiffe et le reste de la membrane, aucune différence de composition chimique, si faible qu'elle fût. Ces deux parties de la plante se comportent absolument de même avec les réactifs iodés et se colorent au même degré par les sels d'aniline. Aucune trace de stratification ne se voit dans la coiffe; elle se rattache directement au reste de la membrane cellulaire qui est seulement un peu plus mince à l'extrémité que dans le reste du trichome. On s'explique facilement cette ténuité par la rapidité de l'allongement, plus grande en cet endroit que partout ailleurs.

Dans le mémoire déjà cité, M. Borzi considère la coiffe comme une dépendance de la gaine (2). Je ne puis partager cette manière de voir, qui est absolument contredite par les faits. On voit très fréquemment, comme nous l'avons figuré (pl. III, fig. 2), le trichome pourvu de sa coiffe renfermé dans l'intérieur de la gaine dont la portion vide se prolonge au delà. Avant sa sortie, l'hormogonie a donc épaissi sa cloison terminale et elle quitte la gaine déjà munie de son organe protecteur. Les réactifs qui détruisent le plasma ou le rendent transparent montrent du reste, avec la dernière évidence, les relations qui existent entre la coiffe et la membrane. Le fait est tellement évident qu'on pourrait croire, de la part du savant professeur de Messine, à une confusion dans les mots qui lui servent à désigner les deux enveloppes, s'il n'avait pris soin de distinguer, en les définissant, la gaine (*guaina*) de la paroi cellulaire (*parete*) (3). Il ne m'est pas non plus possible d'admettre la théorie soutenue par M. Hansgirg (4), suivant laquelle l'extrémité effilée en pointe de l'*Oscillaria leptotricha* Kütz. et d'autres espèces voisines serait formée par la partie vide et très mince de la gaine (*Scheide*), dépassant la véritable extrémité de l'Oscillaire. Si, en effet, on enlève le protoplasma à l'aide de l'acide chromique concentré, on voit que l'extrémité

(1) Borzi, *loc. cit.*, p. 27.

(2) Borzi, *loc. cit.*, p. 27.

(3) Borzi, *loc. cit.*, p. 8.

(4) A. Hansgirg, *Ein Beitrag zur Kenntniss von der Verbreitung der Chromatophoren und Zellkerne bei den Schizophyceen (Phycochromaceen)* [Ber. der deutsch. bot. Gesell. Jahrg. 1885, B. III, H. 1, p. 21 (en note) et pl. III, fig. 14, 15].

en forme de bec se trouve en parfaite continuité avec le tégument (pl. III, fig. 9) et qu'elle présente même des cloisons. Cette extrémité n'est pas vide, comme on pourrait le croire à première vue à cause de la transparence du plasma qu'elle renferme, car, si on traite la plante vivante par la fuchsine, on voit l'extrémité se colorer beaucoup plus vivement que les lambeaux de tégument qui adhèrent çà et là aux parties rompues. Souvent même on y rencontre de gros grains protoplasmiques, comme dans les autres cellules. N'était la présence d'un contenu granuleux, on pourrait voir dans cette conformation du trichome un passage aux poils des *Rivularia* et des *Calothrix*.

La présence de la coiffe est un fait très fréquent chez les Oscillariées ; cependant une étude attentive est parfois nécessaire pour la découvrir dans certains échantillons où elle ne se rencontre que rarement, tandis que dans d'autres il est peu de trichomes qui n'en soient pourvus. Dans certaines espèces elle est si peu développée en épaisseur qu'il est nécessaire, pour la mettre en évidence, d'employer des réactifs qui dissolvent ou éclaircissent le protoplasma. Je l'ai rencontrée aussi bien dans les *Lyngbya* (*semiplena* J. Agardh, *æstuarii* Liebman, *pannosa* Kützing) que dans les Oscillaires (*Oscillaria antliaria* Mertens, *caldariorum* Hauck, etc.), et dans les *Microcoleus* (*Microcoleus terrestris* Desmazières, *nigrescens* Thuret, etc.). Dans certaines espèces, telles que le *Lyngbya majuscula* Harvey, l'*Oscillaria natans* Kützing, l'*Oscillaria chalybea* Mertens, je n'en ai pu découvrir aucune trace, sans qu'il en résulte nécessairement qu'elle fasse toujours défaut chez ces plantes.

Un simple coup d'œil jeté sur l'énumération qui précède montre que la coiffe se rencontre chez les espèces aquatiques aussi bien que chez les espèces terrestres. Elle est remarquablement développée chez une de ces dernières, l'*Oscillaria antliaria* (pl. III, fig. 8), si commune dans les endroits habités. La présence de cet organe me semble indiquer un degré supérieur d'organisation et doit jouer dans la disposition systématique un rôle plus important que la valeur numérique du diamètre, caractère dont jusqu'ici les auteurs ont principalement fait usage pour établir et grouper leurs espèces.

Nous avons déjà fait remarquer que, chez les Oscillaires, la membrane propre de la cellule était fréquemment visible, sans le secours d'aucun réactif, à l'extrémité des filaments rompus (pl. III, fig. 1). Ces lambeaux de membrane offrent quelquefois une certaine longueur et pourraient être confondus avec la gaine, s'ils ne présentaient constamment un aspect scalariforme dû aux cloisons transversales qui ont persisté en partie. La gaine, au contraire, forme toujours dans cette famille un tube continu, sans aucune trace de cloisons. Si on débarrasse les filaments de leur plasma à l'aide de l'acide chromique, ils se présentent sous la forme de

tubes de même diamètre dans toute leur étendue, sauf vers l'extrémité qui est atténuée dans la plupart des espèces. Les cloisons, dont l'épaisseur est généralement un peu plus forte que celle de la paroi latérale, sont placées à intervalles à peu près réguliers, sauf dans le cas où les cellules venant à se diviser, leur longueur n'est plus que la moitié de la longueur normale.

M. Kützing pensait qu'avec l'âge, le tube devenait continu par la disparition des cloisons transversales. L'examen du trichome débarrassé du protoplasma montre qu'il n'en est pas ainsi et que les cloisons ne font défaut en aucun point du tube. L'erreur de cet observateur provenait de ce que, dans le voisinage des cloisons de formation ancienne, de grosses granulations protoplasmiques s'accumulent, soit en amas irréguliers, soit en lignes régulières, et masquent les cloisons tant qu'on ne les a pas fait disparaître à l'aide d'un réactif dissolvant. Ces granulations se montrent souvent à toutes les cloisons consécutives, souvent aussi il existe alternativement une cloison pourvue de granulations et une autre qui en est dépourvue. Ce fait résulte évidemment de ce que, dans une cellule qui vient de se diviser, les grains protoplasmiques ne s'accumulent pas immédiatement dans le voisinage de la nouvelle cloison.

L'intervalle qui sépare deux cloisons transversales consécutives est assez constant dans une même espèce. Le rapport entre la longueur de la cellule et le diamètre du trichome est voisin de l'unité dans les espèces de dimension moyenne; il devient plus petit que l'unité dans les grosses espèces, et plus grand dans les petites. Cette règle souffre peu d'exceptions dans les genres *Oscillaria* et *Lyngbya*. Dans les *Microcoleus* l'intervalle qui sépare les cloisons est en général plus grand que dans les deux genres précédents. Le trichome est ordinairement limité par des lignes droites ou à grandes courbures. Parfois cependant le tube se montre resserré à chaque cloison et devient toruleux (pl. III, fig. 15).

L'observation suivante, que je rapporterai en terminant l'histoire de la membrane cellulaire des Oscillariées, montre que celle-ci, au moins dans certaines espèces, n'est pas aussi simple qu'on pourrait le supposer à première vue. En traitant par l'eau de Javelle les filaments du *Microcoleus nigrescens* Thuret et de quelques autres espèces, j'ai vu en certains points l'enveloppe cellulaire se dédoubler et une membrane très fine s'en séparer extérieurement par gonflement de la couche sous-jacente. Cet effet peut se produire en un endroit quelconque du trichome. Quand il a lieu dans la partie moyenne, comme dans la figure 14 de la planche III, il est rare que la couche extérieure se sépare sur une grande longueur. Elle reste au contraire fixée au trichome en un certain nombre de points. Aux endroits où elle ne s'est pas dédoublée, la membrane cellulaire

figure sous le microscope comme un trait plus noir, indice de sa plus grande épaisseur.

L'effet produit par le réactif sur la partie qui touche à la coiffe est beaucoup plus remarquable. Dans cette région, où la croissance du trichome est toujours plus active et les tissus plus jeunes, la membrane mise en évidence par dédoublement est plus extensible. Elle se développe ici dans le sens de l'axe du filament, mais en restant toujours adhérente à la coiffe par son extrémité. Il en résulte qu'elle présente l'aspect d'un doigt de gant retourné, comme on le voit dans la figure 13 de la planche III. Le développement se fait peu à peu sous les yeux de l'observateur, et le tube ainsi formé peut atteindre une grande longueur. J'ai vu quelquefois, mais très rarement, la coiffe elle-même se dédoubler et une mince calotte être entraînée par la membrane externe dans son mouvement d'extension. La figure 13 montre que cette membrane est tout à fait distincte de la gaine gélatineuse qui enveloppe le trichome dans l'espèce en question et qu'elle peut se développer dans l'intérieur de celle-ci. J'ai dû toutefois me demander si le curieux phénomène que je décris ici n'était pas la reproduction artificielle de ce qui se passerait, suivant certaines théories, au moment de la formation de la gaine ; en un mot, si cette dernière n'était pas due à la gélification naturelle de la couche molle dont j'avais obtenu l'hydratation à l'aide d'un réactif. L'étude microchimique fait voir qu'il n'en est pas ainsi et que la couche extérieure détachée de l'enveloppe cellulaire se rattache à cette dernière par toutes ses propriétés. En effet, dans le *Microcoleus nigrescens*, la gaine est complètement et immédiatement soluble dans les acides, tandis que la membrane mince dont il est question se montre à peu de chose près aussi résistante que l'enveloppe cellulaire elle-même. Comme cette dernière, elle se colore en rose par la safranine, tandis que la gaine prend une teinte d'un rouge jaune tout à fait distincte de la précédente ; enfin la couche externe mise en évidence par l'action de l'eau de Javelle se colore en jaune, ainsi que l'enveloppe cellulaire elle-même, par le chloroiodure de zinc, tandis que la gaine ne prend en présence de ce réactif aucune coloration appréciable.

J'ajouterai qu'il s'agit bien ici d'un dédoublement de l'enveloppe propre de la cellule, et que celle-ci n'est pas détachée d'une seule pièce de son contenu protoplasmique. On peut s'en rendre compte en lavant soigneusement la préparation après l'action de l'eau de Javelle et en la traitant par l'acide chromique. On peut voir alors simultanément, en certains endroits, l'enveloppe cellulaire et sa couche externe comme deux membranes distinctes.

Gaine. — Je l'ai étudiée d'une manière particulière dans deux *Lyng-*

bya (*majuscula* et *æstuarii*), dans l'*Oscillaria caldariorum* et quelques espèces de *Microcoleus*.

Lyngbya majuscula Harvey. — Cette plante, qui habite l'eau salée et vit dans des stations toujours immergées, présente des gaines d'épaisseur très variable. Tantôt elles sont minces et presque papyracées ; tantôt elles sont plus épaisses et lamelleuses. Dans une forme de cette plante qui habite les mers tropicales, cette épaisseur atteint jusqu'à $\frac{1}{3}$ du diamètre du trichome. Les couches concentriques dont la gaine est formée deviennent surtout très visibles si, après avoir laissé séjourner la plante durant plusieurs jours dans une solution de potasse ou l'avoir fait bouillir pendant quelques instants dans le même réactif, on emploie comme substances colorantes la safranine ou le violet de méthyle. Au contraire, les gaines se colorent à peine par la fuchsine, tandis que les trichomes prennent une coloration rose intense.

Je n'ai jamais vu, dans cette espèce, la gaine se colorer en bleu par les réactifs iodés, même après un séjour de plusieurs semaines dans la solution de potasse à 25 pour 100 ou une ébullition prolongée dans le réactif. Même après ce traitement, elles restent insolubles dans la liqueur cupro-ammoniacale.

La gaine se dissout complètement dans l'acide chromique à 33 pour 100, dans l'acide sulfurique concentré, dans l'acide azotique concentré et bouillant, mais elle est insoluble dans l'acide azotique à froid, ainsi que dans les acides acétique et chlorhydrique qui lui font seulement éprouver un léger gonflement. Nous avons déjà vu que ce gonflement était beaucoup plus considérable dans la potasse, sans aller cependant jusqu'à la dissolution de la gaine.

Lyngbya æstuarii Liebman. — Cette espèce, ainsi que le font remarquer MM. Bornet et Thuret dans leurs *Notes algologiques* (1), habite principalement les eaux saumâtres ; mais, contrairement au *Lyngbya majuscula*, elle est fréquemment exposée à l'action de l'air et des rayons du soleil, soit parce qu'elle se développe sur des fonds qui découvrent à chaque marée, soit parce que les amas de filaments, soulevés par les bulles de gaz qui y demeurent emprisonnées, viennent flotter à la surface. Les gaines ainsi exposées aux influences atmosphériques prennent une coloration jaune brun qui souvent n'affecte que certaines des couches lamelleuses dont elles sont formées. A la différence d'habitat des deux espèces correspondent, pour la gaine, des propriétés chimiques différentes. Tandis que celle du *Lyngbya majuscula*, dans les nombreux échantillons de provenances diverses que j'ai examinés, s'est toujours montrée complètement soluble dans les acides chromique et sulfurique

(1) Bornet et Thuret, *Notes algologiques*, p. 133.

concentrés et n'a jamais pris dans la fuchsine de coloration appréciable, celle du *Lyngbya æstuarii*, dans la plupart des filaments, n'est dissoute que partiellement par les acides. Les couches incolores se dissolvent immédiatement, les couches colorées en jaune résistent au contraire et fixent avidement la fuchsine, offrant ainsi les caractères chimiques de la cutine. La position des couches colorées en jaune est variable dans l'intérieur de la gaine. Tantôt elles enveloppent immédiatement le trichome, tantôt elles sont tout à fait externes, ou occupent des positions intermédiaires. Leur place est évidemment en relation avec les périodes de vie aérienne de la plante. Pas plus que les gaines du *Lyngbya majuscula*, celles du *Lyngbya æstuarii* ne se colorent en bleu par les réactifs iodés.

Oscillaria caldariorum Hauck. — Cette plante est intéressante à étudier au point de vue de la formation des gaines chez les Oscillariées et des conséquences qu'on peut en tirer pour l'arrangement systématique. Elle a été publiée par MM. Hauck et Richter, sous le n° 33, dans leur *Phycotheca universalis*; elle figure sous un autre nom, celui d'*Oscillaria major*, dans l'*Erbario crittogamico Italiano*; enfin je l'ai rencontrée en abondance à Paris, l'été dernier, dans le bassin des serres chaudes du Jardin des plantes.

Pas plus que les échantillons des exsiccatas, ceux que j'ai recueillis moi-même ne montraient trace de gaines au moment de la récolte. J'ai cultivé cette plante sur du sable de rivière stérilisé et simplement humecté. Au bout de quelques semaines, les trichomes s'étaient entourés de gaines solides ne différant en rien de celles que présentent les échantillons placés par les auteurs dans le genre *Lyngbya*. Ces gaines à l'état naturel ne montraient aucune trace de stratification, mais traitées pendant quelques instants par l'acide chromique à 33 pour 100, puis colorées à l'aide de la safranine, elles m'ont présenté des couches bien visibles. La stratification des gaines qui s'observe dans les grosses espèces de *Lyngbya*, sans qu'il soit nécessaire de recourir à aucun réactif, existe donc aussi chez des plantes où cette enveloppe est relativement mince et paraît à première vue absolument homogène. On est par suite autorisé à croire que cette structure est liée intimement au mode de formation des gaines (1).

Dans aucune des plantes que je viens de citer, la gaine ne se colore en bleu par le chloriodure de zinc. Ce fait se présente cependant assez fré-

(1) La présence des gaines, chez des plantes rangées par les auteurs dans le genre *Oscillaria*, n'est point un fait isolé. Parmi les nombreux échantillons que j'ai examinés, un très petit nombre seulement ne m'en ont offert aucune trace et, en présence de l'expérience que je viens de citer, on peut se demander si ceux-là mêmes, cultivés dans des conditions favorables, ne seraient pas rentrés dans ce qui paraît être la loi commune. Or, comme on le sait, dans l'état actuel de la nomenclature, la présence de la gaine est le seul caractère qui sépare le genre *Lyngbya* du genre *Oscillaire*. Il semblerait donc

quemment dans la tribu des Oscillariées. Il serait sans intérêt de donner la liste des espèces où je l'ai observée. Je me bornerai seulement à remarquer que cette propriété n'est liée à aucun mode particulier de végétation, qu'elle se rencontre aussi bien dans les espèces d'eau douce que dans celles qui habitent l'eau salée, dans les espèces aquatiques que dans les espèces terrestres, et qu'elle n'est pas davantage en relation avec une structure particulière de la gaine.

Dans les *Microcoleus* et les *Inactis*, dont j'ai étudié quelques espèces, les trichomes sont réunis dans une enveloppe commune et parfois présentent en outre des gaines particulières. Ces enveloppes, par leurs réactions, ne diffèrent pas de celles des *Lyngbya*. Dans l'*Inactis Creswellii* Thuret, où leur consistance est ferme et leurs contours bien délimités, elles bleuissent d'une manière très nette par les réactifs iodés. Dans le *Microcoleus terrestris*, où elles sont au contraire gélatineuses et à contours, indécis elles ne bleuissent pas et présentent à peine quelques traces de cutinisation. Dans le *Microcoleus versicolor*, où elles sont souvent vivement colorées en rouge ou en jaune, elles offrent à un degré beaucoup plus accusé les caractères de la cutine. Il serait inutile d'en dire plus long sur ces genres dont l'étude morphologique présente beaucoup plus d'intérêt que l'étude microchimique, mais ne serait pas à sa place dans le présent travail.

NOSTOCÉES.

Dans cette tribu, l'existence d'une membrane cellulaire ne peut être mise en évidence que par l'emploi des réactifs. Jamais, comme cela arrive pour les Oscillariées, une cellule ne se montre accidentellement privée de son contenu ; aussi à première vue un chapelet de Nostoc ne paraît-il être autre chose qu'une série de masses protoplasmiques plus ou moins sphériques, sans autre enveloppe que la gelée dans laquelle elles sont plongées. Cependant, là aussi, l'emploi de l'acide chromique permet de constater l'existence d'une membrane cellulaire, très mince à la vérité, mais douée des mêmes propriétés que dans les autres groupes et tout aussi résistante à l'action des acides.

que les deux genres dussent être réunis. Toutefois, il est à remarquer que certaines de ces plantes se montrent toujours revêtues d'une gaine, ou, en d'autres termes, que certaines hormogonies, aussitôt après leur sortie de l'enveloppe protectrice, en sécrètent immédiatement une nouvelle, tandis que, chez d'autres plantes, cette enveloppe paraît ne se produire qu'au bout d'un temps plus long ou même seulement dans des circonstances particulières. Cette différence est probablement la seule qui existe entre les *Lyngbya* et les *Oscillaria*. Elle n'est peut-être pas suffisante pour justifier une distinction générique, mais elle a sans doute assez d'importance pour motiver l'établissement d'une section particulière dans celui des deux genres qu'on croira devoir conserver. ...

La figure 1 de la planche IV représente un chapelet de *Nostoc rupestre*, et la figure 2 de la même planche un filament de *Cylindrospermum majus* après l'action de l'acide chromique.

Dans la série ascendante des formes que nous suivons ici, le groupe des Nostocées est le premier où se rencontrent les cellules différenciées auxquelles on a donné le nom d'hétérocystes. Celles-ci, comme on sait, ne sont autre chose que des cellules végétatives qui cessent de se diviser, épaississent leur membrane et en général augmentent quelque peu de volume. Dans certaines espèces les hétérocystes bleuissent par le chloroiodure de zinc, tandis que dans d'autres elles ne possèdent pas cette faculté.

Le faible diamètre des hétérocystes dans les Nostocées n'est pas favorable à l'étude de leur membrane; il vaut mieux s'adresser dans ce but à l'une des tribus suivantes. L'abondance de leurs spores, au contraire, les rend propres aux recherches relatives à ces organes. On trouvera à la fin de cet exposé les observations qu'elles m'ont fournies.

Les gaines dont s'entoure le trichome des Nostocs restent parfois bien délimitées et présentent des couches discolores, mais dans la plupart des cas, elles deviennent confluentes de manière à former une gelée amorphe, tantôt molle et mal délimitée, tantôt à contours bien définis. Ces productions mucilagineuses bleuissent quelquefois par places dans les réactifs iodés. D'autres fois, comme dans le *Nostoc gregarium*, elles prennent dans toute leur étendue une teinte jaune bien caractérisée. La couche extérieure de la fronde, lorsqu'elle est exposée aux influences atmosphériques, se montre fortement cutinisée. C'est ainsi qu'en faisant macérer dans l'acide chromique de gros fragments du thalle du *Nostoc commune* Vauch., le mucilage intérieur se dissout complètement, tandis que la couche extérieure persiste sous la forme d'une membrane bien délimitée sur ses deux faces et rappelant à première vue l'aspect des membranes épidermiques des Phanérogames isolées par le même procédé. Dans cette membrane on aperçoit englobés et réduits à leur enveloppe cellulaire un grand nombre de trichomes encore pourvus de leurs hétérocystes, tandis que ceux qui remplissaient le reste de la fronde flottent librement dans la préparation. Ces membranes se colorent fortement par la fuchsine.

SCYTONÉMÉES.

Les *Scytonema myochrous* et *cincinnatum*, ainsi que le *Tolypothrix lanata*, sont les espèces de ce groupe que j'ai particulièrement étudiées. Les gaines du *Scytonema myochrous* sont fort épaisses, colorées en jaune brun et formées de cônes emboîtés les uns dans les autres. Cette structure est due au mode d'accroissement du trichome, qui est ici

terminal, au lieu d'être à la fois terminal et intercalaire, comme dans les Oscillariées. Chaque cellule nouvelle produit pour son propre compte une gaine particulière, qui, en se développant, fait prendre à celle qui l'a précédée une position divergente. La gaine partielle la plus jeune occupe donc toujours l'extrémité du rameau. Cette disposition, déjà bien visible dans le *Scytonema myochrous*, est encore plus remarquable dans le *Scytonema alatum*, où les gaines très amples, formées de larges cornets discolores, produisent un effet des plus élégants.

Si l'on traite par l'acide chromique un filament d'une de ces plantes, l'action se produit d'abord sur la partie la plus jeune de la gaine, c'est-à-dire sur l'extrémité des rameaux. Celle-ci disparaît immédiatement, de sorte que le filament paraît tronqué. L'effet dissolvant se propage ensuite de proche en proche dans l'intérieur de la gaine, tandis que la couche externe de celle-ci demeure intacte. Les couches internes se gonflent avant de se dissoudre ; mais, comme elles sont contenues par la couche externe insoluble et peu extensible, leur augmentation de volume se produit surtout vers l'intérieur. Il en résulte une pression qui s'exerce sur le trichome. Celui-ci se rompt en plusieurs fragments qui sont vivement projetés en dehors, ou flottent librement dans l'intérieur de la gaine réduite à sa couche extérieure. Les figures 3 et 4 de la planche IV représentent la base de deux rameaux et l'extrémité d'un de ceux-ci où le trichome est en partie sorti de la gaine.

La membrane cellulaire est dans cette plante encore plus mince et plus délicate que dans la plupart des Oscillariées. Il m'a paru du reste en être ainsi d'une manière générale dans la tribu dont nous nous occupons en ce moment. Le trichome n'a pas dans toute son étendue même forme et même diamètre. Tandis que, dans les parties les plus jeunes, les cellules sont fortement toruleuses et plus larges que longues, celles des parties âgées sont au contraire plus longues que larges, non toruleuses et d'un diamètre plus faible que les précédentes. Comme on le voit dans nos deux figures, les parties jeunes conservent dans chaque cellule, après l'action du réactif, des traces de protoplasma, tandis que le filament principal ainsi que la base des rameaux ne présentent plus qu'un tube vide, parfaitement hyalin, divisé à intervalles réguliers par les cloisons transversales. Il est évident que, l'accroissement se faisant ici dans les parties terminales, le protoplasma des cellules âgées finit par s'atrophier et par disparaître, au moins en très grande partie. Il n'en est pas ainsi dans les Oscillariées, où les cellules conservent leur vitalité dans toute la longueur du filament.

La couche externe de la gaine, qui résiste, comme nous l'avons dit, à l'action des acides, se colore vivement en rouge par la fuchsine et en jaune par les réactifs iodés. Elle est donc cutinisée, comme on pouvait le

prévoir d'après l'habitat de la plante qui vit à l'air libre sur les rochers. Comme nous l'avons déjà vu, la cutinisation des surfaces extérieures est toujours le résultat de ce mode d'existence.

Dans le *Scytonema cincinnatum* dont le diamètre considérable se prête bien à ce genre de recherches, la gaine bleuit fortement par le chloriodure de zinc, ainsi que par l'iode et l'acide sulfurique. Cependant cette réaction n'a lieu que si on emploie la plante à l'état naturel. Si on la traite préalablement pendant vingt-quatre heures par l'acide chromique à 33 pour 100, l'effet contraire se produit et les gaines jaunissent par les réactifs iodés. Ce résultat est dû à ce que l'acide dissout les couches internes des gaines en ne laissant subsister que la couche externe cutinisée.

Je dois noter un fait intéressant, c'est que la liqueur cupro-ammoniacale n'agit pas ici comme l'acide chromique. Si l'on soumet la plante au premier de ces réactifs, les trichomes sont, il est vrai, expulsés hors des gaines, ce qui indique un gonflement des couches intérieures, mais ce gonflement ne va pas jusqu'à une dissolution complète; car, même après un séjour prolongé dans la liqueur de Schweitzer, la plante n'a pas perdu la faculté de se colorer en bleu par l'iode. La même expérience, faite à titre de contrôle avec un *OEdogonium*, m'a donné des résultats différents. La plante, après un séjour de quelques heures dans le réactif, ne montrait plus la réaction de la cellulose. On doit en conclure que certaines variétés de cette substance peuvent fort bien bleuir par les réactifs iodés, sans pour cela être solubles dans le liquide cupro-ammoniacal, et aussi sans doute que la cellulose des gaines des cyanophycées diffère à certains égards de celle dont sont formées les membranes des Algues vertes.

La grande dimension des hétérocystes dans cette espèce permet d'étudier facilement la composition de leur membrane. L'action du chloriodure de zinc met en évidence une couche mince interne formée de cellulose et une couche externe plus épaisse qui se colore en jaune en présence de l'iode. Si l'on traite la plante par l'acide chromique pendant un temps assez long, la coloration bleue ne se montre plus, ou ne se montre que faiblement. Ici toutefois l'effet du réactif n'est pas aussi complet que pour les gaines, ce qui s'explique facilement, la couche cellulosique étant renfermée dans un espace clos ou muni seulement d'orifices très étroits qui ne permettent que difficilement l'introduction du réactif.

Tolypothrix lanata. — Cette plante vit dans les eaux rapides aussi bien que dans les eaux stagnantes, et adhère aux objets immergés. Elle n'est soumise qu'accidentellement aux influences atmosphériques, alors que les amas de filaments viennent flotter à la surface. Les gaines sont toujours incolores, plus minces que dans les espèces précédentes et ne

montrent de stratifications qu'après avoir été gonflées par un réactif. Elles se dissolvent immédiatement dans les acides chromique et sulfurique concentrés, mais sans que le trichome soit expulsé, ce qu'on doit attribuer à l'absence d'une couche extérieure insoluble et faisant obstacle au gonflement. La gaine du *Tolypothrix lanata* donne avec l'iode la réaction de la cellulose, sans pour cela être soluble dans la liqueur de Schweitzer. Ce fait, que nous avons déjà constaté en faisant l'étude du *Scytonema cincinnatum*, paraît général dans le groupe des Nostocacées.

STIGONÉMÉES.

Nous voyons apparaître dans cette tribu une ramification véritable, due à ce que les divisions cellulaires ne se font plus seulement dans un sens perpendiculaire à l'axe du trichome, mais aussi dans un sens parallèle à celui-ci. En outre ces divisions, en se répétant un grand nombre de fois dans un même filament, donnent naissance à des masses de tissu beaucoup plus considérables que celles que nous avons eues à étudier jusqu'ici. Mes observations ont porté principalement sur deux espèces du genre *Stigonema*. L'une, le *Stigonema ocellatum*, offre une structure assez simple; l'autre, le *Stigonema mamillosum* appartient, au type le plus compliqué.

Dans le *Stigonema ocellatum* les cellules du filament principal ne se divisent que rarement dans le sens de l'axe et forment par suite une rangée simple ou presque simple. Leur forme est globuleuse; elles ne se touchent qu'en un point et sont enchâssées dans les alvéoles d'une gaine massive. De place en place, elles se divisent parallèlement à l'axe et donnent naissance à un rameau, dont les articles sont au contraire pressés les uns contre les autres et se touchent par de larges surfaces. A première vue, les cellules du filament principal, aussi bien que celles des rameaux, paraissent être dépourvues de membrane propre et semblent n'avoir que la gaine pour toute enveloppe. L'acide chromique, en dissolvant la partie interne des alvéoles, agrandit les communications qui existent entre celles-ci et provoque par gonflement de la gaine la sortie du trichome. Les chapelets de cellules, sans se désunir, glissent en se déformant comme des ballons élastiques par les ouvertures agrandies des alvéoles et viennent flotter dans le liquide de la préparation, où ils reprennent leur forme primitive. A la fin de la réaction, toute la partie intérieure des gaines a disparu. Il ne reste plus de celles-ci que l'enveloppe externe qui est très mince et dans laquelle flottent librement les tronçons de trichome qui n'ont pas été expulsés.

On ne trouve plus de traces des alvéoles que dans les parties les plus âgées des gaines où elles subsistent encore sous forme de cloisons incom-

plètes. Dans chaque cellule le plasma est contracté et dissous en grande partie, ou même totalement, de sorte qu'on a sous les yeux des files de petites sphères dont la paroi, d'une transparence parfaite, n'est autre que la membrane cellulaire, qui a persisté. On croirait alors avoir sous les yeux des chapelets de *Nostoc* tels qu'on les obtient à l'aide de l'acide chromique.

Les figures 5 et 6 de la planche IV représentent, la première un filament de *Scytonema ocellatum* pourvu d'un rameau, et la seconde un fragment de trichome flottant librement dans la préparation après le traitement qui vient d'être décrit. Quelques cellules de la figure 5, notamment celles du rameau, ont été teintées sur le dessin. Dans ces cellules une partie du protoplasma, qui n'est autre, selon toute apparence, que la couche pariétale, est restée adhérente à la membrane cellulaire, tandis que le reste du contenu se rassemblait en une petite masse sphérique. Ces cellules se colorent plus fortement que les autres si l'on traite la préparation par la teinture d'iode. Par l'emploi de l'eau sucrée ou de la glycérine, on contracte la couche pariétale protoplasmique, de manière à isoler complètement la membrane cellulaire. Cette dernière, qui est très mince, se colore faiblement en jaune par l'iode.

Dans le *Stigonema mamillosum* (pl. IV, fig. 7), les divisions parallèles à l'axe se répètent un grand nombre de fois dans le filament principal, de sorte que les cellules forment une masse considérable et assez confuse, au milieu de laquelle on distingue cependant une rangée axile. Toutes les cellules du tronc sont sphéroïdales et n'adhèrent entre elles qu'en un seul point; celles des rameaux, au contraire, se touchent par de larges surfaces et forment un filament toruleux à une seule rangée de cellules. Les rameaux, dans cette espèce, donnent seuls naissance aux hormogonies et sont verticillés autour du tronc principal.

Ici, l'action de l'acide chromique ne fait sortir que les hormogonies. La masse des autres cellules reste enchâssée dans les alvéoles de la gaine dont les couches les plus intérieures se dissolvent seules, sauf, comme le montre la figure, à l'extrémité du filament, où la gaine, de formation plus récente, disparaît en entier à l'exception de sa couche pariétale. Lorsque la réaction est terminée, la plante se montre sous la forme d'un large tube divisé en une quantité de logettes qui contiennent les cellules, sous forme de sphéroïdes creux et parfaitement translucides. Les hétérocystes épars sans ordre au milieu des autres cellules, s'en distinguent facilement à leurs parois plus épaisses. Les gaines des rameaux sont presque toujours vides par suite de la sortie des hormogonies. La figure 8 de la planche IV représente deux de ces dernières flottant dans le liquide de la préparation.

RIVULARIÉES.

Les détails que j'ai donnés sur les autres tribus des Nostocacées me dispenseraient de parler de celle-ci, n'était la nécessité de dire quelques mots des appendices filiformes qui terminent le trichome chez les Rivulariées. La figure 9 de la planche IV, qui représente un trichome de *Rivularia bullata* traité par l'acide chromique, montre que ces poils sont en parfaite continuité avec le reste de la membrane cellulaire ; ils ne se distinguent que par des cloisons transversales plus espacées et par l'absence de tout plasma granuleux. Leurs propriétés chimiques ne diffèrent pas de celles du reste du trichome.

Les gaines dans les Rivulariées, comme dans les autres groupes, sont cutinisées ou non, suivant que la plante est exposée aux agents atmosphériques ou inondée pendant la plus grande partie de sa vie. Souvent, là aussi, elles se moulent sur les trichomes à cellules toruleuses, de telle sorte, qu'après la sortie de ces derniers par l'action de l'acide chromique, les gaines présentent des séries de cloisons incomplètes, correspondant aux intervalles qui séparent les articles consécutifs. On voit un exemple de cette structure dans la figure 11 de la planche IV, qui représente la gaine vide d'un filament âgé de *Calothrix crustacea*.

De beaux échantillons de cette espèce, qui renfermaient des hormogonies à tous leurs états de développement, m'ont permis de constater que ces organes, à quelque moment qu'on les considère, sont toujours pourvus d'une enveloppe cellulaire, et que celle-ci ne diffère, ni par sa consistance, ni par ses propriétés chimiques, de l'enveloppe cellulaire des trichomes à l'état de repos.

Un des genres de la tribu des Rivulariées, le genre *Brachytrichia* Zanardini (*Hormactis* Thuret), présente, comme on sait, un mode de ramification tout particulier. Beaucoup d'entre les rameaux sont formés de la réunion de deux branches différentes offrant l'aspect d'un V renversé et soudées à une certaine distance du tronc principal. Je n'ai pas à décrire la manière dont se produit ce mode singulier de ramification, dont l'explication a été donnée par MM. Bornet et Thuret, à la page 174 de leurs *Notes algologiques*. Toutefois, à cause de la structure tout à fait remarquable de la plante en question, j'ai cru devoir figurer deux rameaux, l'un à base double (pl. III, fig. 11), l'autre (fig. 12), formé d'une seule rangée de cellules et rentrant dans la loi commune.

Les Nostocacées *hormogonées* que nous venons d'examiner ne sont pas les seules Phycochromacées qui se présentent sous forme de filaments. On sait qu'il existe une petite famille, les Chamæsiphoniées, appartenant aux Phycochromacées *coccogonées*, qui renferme également des espèces

filamenteuses. Tels sont les *Chamæsiphon*, et particulièrement le *Chamæsiphon curvatus* Nordstedt. Il était intéressant de vérifier si quelque différence dans la structure du thalle correspondrait aux différences du mode de végétation. L'extrême petitesse des *Chamæsiphon* étant peu favorable à ce genre de recherches, MM. Bornet et Flahault ont bien voulu mettre à ma disposition une Algue nouvelle du même groupe qu'ils ont découverte l'automne dernier, pendant notre séjour au Croisic, et qu'ils viennent de décrire (1) sous le nom d'*Hyella cæspitosa*.

Par son aspect et son mode de ramification, l'*Hyella* (pl. III, fig. 16-19) semble au premier coup d'œil devoir prendre place parmi les *Stigonema*, mais un examen plus attentif montre entre les deux plantes des différences profondes.

Dans toutes les Nostocacées filamenteuses, le trichome est formé de rangées de cellules adhérentes entre elles, et séparées seulement par une mince cloison qui ne s'épaissit jamais. Le plus grand nombre des cellules ne possèdent point une vie individuelle ; elles sont incapables, prises isolément, de reproduire la plante. Dans l'*Hyella*, au contraire, la cloison séparative, mince au début, s'épaissit par des dépôts successifs de matière cellulosique secrétée par le plasma. Ces dépôts sont stratifiés. Ils s'accumulent de plus en plus avec le temps, de sorte que, dans les parties âgées du filament, les cellules consécutives se trouvent séparées par d'épais bouchons de cellulose et finissent par être plongées dans une gaine massive qui ne laisse entre elles aucun point de communication. Ces cellules possèdent chacune une existence distincte ; elles peuvent se diviser isolément et reproduire la plante. La structure de l'*Hyella*, comme on le voit par les figures que nous en donnons, n'est donc nullement celle d'une Nostocacée, mais celle d'une Confervée, d'un *Ulothrix* ou d'un *Cladophora*, par exemple.

Si l'on vient à traiter l'*Hyella* par l'acide chromique, la gaine des parties jeunes disparaît, ainsique les bouchons de cellulose, de sorte que les cellules réduites à leur membrane propre, insoluble ici comme dans les autres Nostocacées, viennent flotter dans le liquide. J'ai représenté (pl. III, fig. 18 et 19) diverses cellules d'un filament jeune d'*Hyella* mises de la sorte en liberté par l'acide chromique. Dans les parties âgées, la gaine ne disparaît qu'incomplètement. Les couches qui enveloppent immédiatement la cellule se dissolvent seules, laissant un vide au milieu duquel celle-ci flotte librement.

Les bouchons de matière cellulosique, à cause de leur structure massive, se teignent beaucoup plus vivement que le reste de la plante par les couleurs d'aniline, en particulier par la fuchsine et la safranine. Malgré

(1) *Journal de Botanique* de M. Morot, 15 mai 1888.

leur solubilité dans les acides, je n'ai pu les colorer en bleu ni par le chloroiodure de zinc, ni par l'iode et l'acide sulfurique, même en faisant agir une seconde fois le réactif après lavage de la préparation, procédé qui réussit parfois avec les membranes rebelles à la réaction.

SPORES DES NOSTOCACÉES.

Jusqu'ici, je n'ai examiné les membranes que dans les organes végétatifs, me réservant de traiter en terminant le même sujet pour les organes reproducteurs. J'ai étudié les spores dans deux espèces de Nostocées, le *Cylindrospermum majus* et le *Nostoc rupestre*, et dans deux espèces de Rivulariées, les *Glæotrichia Pisum* et *punctulata*. Je me bornerai à décrire ce que j'ai observé dans la première et dans la dernière de ces plantes.

En examinant une spore mûre de *Cylindrospermum majus*, on observe une enveloppe extérieure épaisse composée manifestement de deux couches adhérentes entre elles. La couche interne est lisse, la couche externe est parsemée de nombreuses aspérités qui la font paraître dentelée en coupe optique.

Quand la spore n'a pas tout à fait atteint son point de maturité, la couche extérieure est mucilagineuse et présente un contour régulier. Elle renferme des cônes dressés, composés d'une substance colorée et plus résistante que le mucilage. Avec l'âge, la gelée s'affaisse entre les cônes et finit par disparaître, d'où résulte pour la spore la structure échinée que nous connaissons.

En dedans de ces deux couches qui constituent l'exospore, la spore ne paraît à première vue posséder aucune membrane interne, ou endospore. Le contenu, formé de gros grains protoplasmiques, paraît appliqué immédiatement contre la paroi de l'exospore. Si on emploie l'acide sulfurique faiblement dilué, on voit beaucoup de spores s'ouvrir à leur sommet par une déchirure et d'une manière qui rappelle ce qui se passe au moment de la germination. Le corps protoplasmique sort tout entier par cette ouverture, ainsi que nous l'avons représenté dans la figure 13 de la planche IV, et conserve sa forme au contact de l'acide, ce qui n'aurait pas lieu s'il s'agissait ici d'une masse protoplasmique nue. Toutefois ce procédé, qui permet de soupçonner la présence d'une membrane, ne suffit pas pour la mettre nettement en évidence.

Le moyen qui m'a le mieux réussi pour étudier la structure de la spore des Nostocacées est l'emploi de l'acide chromique à 50 pour 100. Il est nécessaire de suivre ici attentivement l'effet du réactif et de faire agir celui-ci très lentement, en en déposant seulement une goutte au bord de la préparation. On voit l'exospore se gonfler peu à peu, tandis que la

masse protoplasmique conserve son volume primitif. Les deux couches de l'exospore ne se dilatent pas également ; la couche dentelée se dilate beaucoup plus rapidement que la couche lisse et se trouve dissoute au bout de peu d'instant. En même temps le plasma se contracte et finit par se trouver réduit à une grosse goutte huileuse et réfringente, qui laisse apercevoir, en dedans de la couche lisse de l'exospore, un endospore extrêmement mince. Tantôt cet endospore reste enfermé dans l'exospore, comme le montre la figure 14 de la planche IV ; tantôt, comme dans la figure 15, il sort par une déchirure qui se produit au sommet de l'exospore.

La membrane interne de l'exospore, ainsi que l'endospore, sont insolubles dans l'acide. Dans certains cas, j'ai pu observer, à l'intérieur de l'enveloppe rugueuse très fortement dilatée, mais non dissoute, la couche interne de l'exospore et en même temps l'endospore faisant saillie au sommet de ce dernier. J'avais donc très nettement et simultanément sous les yeux les trois couches dont se compose l'enveloppe totale de la spore.

Parfois, lorsque sans doute la cutinisation de l'exospore n'est pas entièrement accomplie, les deux couches de celui-ci disparaissent dans l'acide, ne laissant subsister que l'endospore qui est insoluble dans tous les cas.

Comme j'ai pu m'en rendre compte en suivant la germination des spores dans cette espèce, l'endospore forme la membrane cellulaire du jeune filament, dont il possède du reste les propriétés et notamment l'insolubilité dans les acides.

Les trois autres espèces dont j'ai étudié les organes reproducteurs m'ont donné des résultats semblables. Dans le *Glæotrichia punctulata*, par exemple, la spore que j'ai figurée (pl. IV, fig. 16 et 17), possède également un exospore formé de deux couches. La couche extérieure est fournie par la gaine dont la base est ici cutinisée et étroitement serrée contre la couche interne. L'endospore, qui est facilement mis en évidence par l'action de l'acide chromique, peut, de même que dans le *Cylindrospermum majus*, rester enfermé dans l'exospore, ou faire hernie au sommet de celui-ci, comme au moment de la germination.

Suivant l'opinion généralement admise, la spore des Nostocacées serait produite par un simple enkystement de la cellule végétative dont la membrane s'épaissirait, de manière à résister aux influences extérieures et notamment à la dessiccation. Cette théorie n'est point admise par M. Borzi. D'après cet auteur (1), la spore du *Nostoc ellipso sporum* qu'il a particulièrement étudiée, serait le résultat d'une véritable rénovation.

(1) Borzi, *Le comunicazioni intracellulari delle Nostochinee*. Tirage à part, p. 20.

L'enveloppe cellulaire végétative, qui ne prendrait aucune part à la formation de l'enveloppe de la spore, se retrouverait sous forme de deux lambeaux très minces aux deux pôles de cette dernière. Enfin, l'endospore, qui n'apparaîtrait qu'au moment de la germination, serait inséparable du plasma et se rapprocherait par sa nature de la gaine gélatineuse.

Je n'ai pas eu à ma disposition la plante qu'a étudiée M. Borzi, mais, dans les quatre espèces que j'ai examinées, je n'ai pu découvrir aucune trace de la membrane cellulaire végétative, sous forme d'un lambeau adhérent en un point quelconque de l'exospore. Quant à la nature de l'endospore, elle n'est nullement la même que celle de la gaine gélatineuse, puisque cette dernière est immédiatement dissoute par les acides, tandis que l'endospore est précisément mis en évidence par ces réactifs.

A mes yeux, la gaine gélatineuse est représentée par l'enveloppe rugueuse de la spore du *Cylindrospermum majus* et par la couche la plus extérieure de la spore du *Glæotrichia*. La membrane épaissie de la cellule végétative forme la couche interne de l'exospore, enfin l'endospore est un produit ultérieur de l'activité du plasma, sécrété par celui-ci au moment de la maturité de la spore, et destiné à fournir l'enveloppe cellulaire propre du jeune filament.

En résumé, les enveloppes cellulaires des organes végétatifs dans les Nostocacées filamenteuses, se composent de deux membranes parfaitement distinctes par leur apparence et par leurs propriétés chimiques. L'une, la *membrane propre* de la cellule, est toujours présente à quelque moment que ce soit de la vie de la plante; elle est toujours mince, étroitement appliquée contre le plasma, mais elle peut être cependant mise en évidence par la dissolution et la contraction de celui-ci; elle est insoluble dans les acides et ne se colore jamais en bleu par les réactifs iodés. L'autre enveloppe, la *gaine*, peut faire défaut dans certains cas et pendant un temps plus ou moins long; elle est soluble dans les acides chromique et sulfurique, sauf dans celles de ses parties qui ont été cutinisées sous l'influence des agents atmosphériques; elle se colore fréquemment en bleu par le chloriodure de zinc.

La spore enfin, là où elle existe, est bien, comme on l'admet généralement, produite par l'enkystement d'une cellule végétative. Elle possède un exospore où se retrouvent les enveloppes de celle-ci, et un endospore produit au moment de la maturité, et identique par ses propriétés à la membrane cellulaire végétative.

Explication des figures de la planche III.

FIG. 1. *Phormidium pannosum* var. *crassius* Kützing. — Fragment à l'état naturel d'un filament rompu, montrant à l'intérieur de la gaine

l'extrémité vide de la membrane cellulaire. — Grossissement de 800 diamètres.

- FIG. 2. *Lyngbya semiplena* J. Agardh. — Extrémité d'un trichome de la plante à l'état naturel, montrant la coiffe déjà formée à l'intérieur de la gaine. — Grossissement de 1500 diamètres.
- FIG. 3. *Oscillaria viridis* Rabenhorst, exsiccata, n° 120. — Extrémité d'un trichome traité par l'acide chromique à 33 pour 100. Le plasma est réduit dans chaque cellule à une petite masse arrondie et homogène. La coiffe, sous la forme d'une membrane épaisse, arrondie en coupole, enveloppe l'extrémité du trichome. — Grossissement de 1500 diamètres.
- FIG. 4-7. *Phormidium pannosum* var. *crassius* Kützing. — Quatre états successifs de développement montrant la formation de la coiffe. Dans la figure 4, la cloison terminale du filament rompu commence à s'épaissir. Dans la figure 7, l'extrémité du trichome s'est atténuée en s'allongeant et la coiffe a pris sa forme définitive. La plante a été traitée par l'acide chromique. — Grossissement de 1500 diamètres.
- FIG. 8. *Oscillaria antliaria* Mertens. — Trois états successifs montrant le développement de la coiffe. La plante a été traitée par l'acide chromique. — Grossissement de 1500 diamètres.
- FIG. 9. *Oscillaria leptotricha* Kützing. — Deux trichomes traités par l'acide chromique. L'extrémité effilée en bec est le prolongement de la membrane cellulaire. — Grossissement de 950 diamètres.
- FIG. 10. Filament de *Lyngbya æstuarii* Liebman, traité par l'acide chromique à 33 pour 100. Les couches intérieures de la gaine ont été dissoutes. La couche extérieure cutinisée, ainsi que la membrane cellulaire du trichome, ont seules résisté à l'action de l'acide. — Grossissement de 800 diamètres.
- FIG. 11-12. Deux rameaux de *Brachytrichia Quoyi* Bornet et Flahault, traités par l'acide chromique. — Grossissement de 1500 diamètres.
- FIG. 13-14. *Microcoleus nigrescens* Thuret. — Extrémité de deux filaments traités par l'eau de Javelle et montrant le dédoublement de la membrane cellulaire. Dans la figure 13, le dédoublement s'est fait vers l'extrémité du trichome et la membrane s'est développée dans le sens de l'axe, à l'intérieur de la gaine, et en restant attachée à la coiffe par son extrémité, de manière à figurer un doigt de gant retourné. Dans la figure 14, le dédoublement s'est fait latéralement et de place en place. — Grossissement de 595 diamètres.
- FIG. 15. *Oscillaria caldariorum* Hauck. — Extrémité d'un trichome traité par l'acide chromique. — Grossissement de 1500 diamètres.
- FIG. 16. *Hyella cæspitosa* Bornet et Flahault. — Filament de la plante avec le commencement d'un rameau. Les parties teintées indiquent les bouchons de cellulose interposés entre les cellules. — Grossissement de 1090 diamètres.
- FIG. 17. Partie inférieure d'un filament de la même plante. — Grossissement de 1090 diamètres.
- FIG. 18. Un filament de la même plante traité par l'acide chromique à 33 pour 100. Les bouchons de cellulose, ainsi que la partie intérieure de la

gaine, sauf une mince couche extérieure, ont été dissous, et les cellules réduites à leur membrane. — Grossissement de 1090 diamètres.

FIG. 19. Une cellule isolée de la même plante, traitée par l'acide chromique et réduite à sa membrane. — Grossissement de 1090 diamètres.

Explication des figures de la planche IV.

- FIG. 1. *Nostoc rupestre* Kützing. — Un filament de la plante avec un hétérocyste, traité par l'acide chromique à 33 pour 100. — Grossissement de 1090 diamètres.
- FIG. 2. Extrémité d'un filament de *Cylindrospermum majus* Kützing, avec une spore, traité par le même réactif.
- FIG. 3-4. *Scytonema myochrous* Agardh. — Base de deux rameaux et extrémité d'un de ceux-ci traités par le même réactif. Les couches intérieures de la gaine ont été dissoutes; il ne subsiste que la mince couche extérieure cutinisée. Dans la figure 3, tout le protoplasma a disparu et les cellules sont réduites à leur membrane propre; dans la figure 4, le plasma est réduit dans chaque cellule à quelques grains arrondis. — Grossissement de 390 diamètres.
- FIG. 5. Un filament de *Stigonema ocellatum* Thuret, avec un rameau, traité par l'acide chromique. La gaine est réduite à sa couche externe. Dans le rameau, la membrane pariétale du protoplasma est restée appliquée contre la membrane cellulaire. — Grossissement de 475 diamètres.
- FIG. 6. Un fragment de trichome de la même plante expulsé de sa gaine par l'action de l'acide chromique et flottant librement dans la préparation.
- FIG. 7. *Stigonema mamillosum* Agardh. — Deux rameaux principaux de la plante traités par l'acide chromique. Les parties de la gaine situées dans le voisinage immédiat des cellules ont été dissoutes et ces dernières réduites à leur membrane propre. Les hétérocystes se reconnaissent à leur membrane épaisse. — Grossissement de 390 diamètres.
- FIG. 8. Deux hormogonies de la même plante traitées par l'acide chromique et réduites à leur membrane cellulaire. — Même grossissement que ci-dessus.
- FIG. 9. *Rivularia bullata* Berkeley. — Un trichome entier de la plante traité par l'acide chromique, et montrant la continuité qui existe entre le poil terminal et le reste de la membrane cellulaire. — Grossissement de 1090 diamètres.
- FIG. 10. *Calothrix crustacea* Thuret. — Un fragment de trichome partagé en hormogonies et encore renfermé dans la gaine. La préparation a été traitée par l'acide chromique. La gaine est réduite à sa couche externe et les cellules à leur membrane propre. — Grossissement de 390 diamètres.
- FIG. 11. Fragment d'une portion âgée de la gaine de la même plante. Le trichome est sorti par l'effet de l'acide chromique. La gaine montre une série de cloisons incomplètes. — Même grossissement que ci-dessus.

FIG. 12. Un chapelet d'hormogonies de la même plante, sorti de la gaine par l'action de l'acide chromique. — Même grossissement que ci-dessus.

FIG. 13. *Cylindrospermum majus* Kützing. — Une spore traitée par l'acide sulfurique. L'exospore revêtu d'une membrane rugueuse a été rompu au sommet par l'endospore, qui s'en échappe encore rempli de son contenu protoplasmique. — Grossissement de 800 diamètres.

FIG. 14-15. Deux spores de la même plante traitées par l'acide chromique à 33 pour 100, et dessinées au même grossissement. La couche rugueuse de l'exospore a été dissoute, laissant voir la couche interne qui est lisse. Le plasma a été dissous et contracté, mettant en évidence l'endospore. Celui-ci, dans la figure 14, est resté enfermé dans l'exospore; dans la figure 15, il s'en échappe en rompant celui-ci à l'extrémité. — Grossissement de 800 diamètres.

FIG. 16-17. *Glæotrichia punctulata* Thuret. — Deux spores traitées comme ci-dessus par l'acide chromique et dessinées au grossissement de 595 diamètres.

SÉANCE DU 13 AVRIL 1888.

PRÉSIDENTENCE DE M. DUCHARTRE.

M. Mangin, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la séance du 23 mars, dont la rédaction est adoptée.

M. le Président annonce que la Société botanique vient d'éprouver deux pertes cruelles par le décès de M. J.-E. Planchon et de M. Wasserzug.

M. Planchon (J.-E.), le savant professeur de botanique de la Faculté de médecine de Montpellier, correspondant de l'Académie des sciences de Paris, était un botaniste justement célèbre, qui avait donné à la science un grand nombre d'excellents travaux traitant de sujets fort divers, mais pour la plupart descriptifs. Il avait débuté, en 1844, par une thèse pour le doctorat ès sciences sur les vrais et les faux arilles qui fut très remarquée. Il fut bientôt après attaché à l'herbier de W. Hooker, et l'étude attentive qu'il en fit pendant plusieurs années lui donna une profonde connaissance des plantes. Il porta dès lors successivement ses recherches sur divers groupes naturels, et publia une série de mémoires, notamment sur les Linées, les Ochnacées, les Simaroubées, les Cochlospermées, les Droséracées, les Ulmacées, dont il inséra la monographie dans le